

*К. А. Фаттяхетдинов, В. Э. Фризен*

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

faul721@gmail.com

## РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВАКУУМНОЙ ДУГОВОЙ ГАРНИСАЖНОЙ ПЕЧИ

*В работе исследована возможность создания физической модели вакуумной дуговой гарнисажной печи на основе рассчитанных для реального объекта критериев подобия, позволяющих аппроксимировать исследуемые характеристики на крупногабаритную печь для поиска возможностей снижения энергозатрат.*

Ключевые слова: *физическая модель; вакуумная дуговая печь; положение дуги.*

*K. A. Fattyakhetdinov, V. E. Frizen*

Ural Federal University, Ekaterinburg

## DEVELOPMENT OF PHYSICAL MODEL OF VACUUM ARC GARNING FURNACE

*In this paper, we investigated the possibility of creating a physical model of a vacuum arc skull oven based on similarity criteria calculated for a real object, which make it possible to approximate the characteristics under study to a large-sized stove to find ways to reduce energy costs.*

Keywords: *physical model; vacuum arc furnace; arc position.*

Для уменьшения потребления энергии при переплавке титана в вакуумной дуговой гарнисажной печи необходимо контролировать положение дуги внутри печи, так как при ее смещении количество выплавляемой продукции сильно снижается – отдаленным участкам металла в ванне тепло передается очень плохо, вследствие чего часть металла не плавится.

Трудность теоретических исследований электрической дуги обусловлена сложностью процессов, протекающих в дуге и разрядной камере. Даже не смотря на отсутствие в камере вакуумной печи других газов, предсказать положение дуги и управлять её положением представляется весьма сложной задачей. Также существует внешнее магнитное поле, оказывающее воздействие на дугу.

Для исследования положения дуги в реальном объекте с применением теории физического моделирования был разработан лабораторный стенд, позволяющий исследовать положение дугового разряда, а также способы воздействия на него.

Особенностью физического моделирования является то, что для определения характеристик основного сооружения не требуется математического описания процессов, достаточно её физическую модель, построенную на основе теории подобия. Частными видами физического подобия являются: геометрическое, кинематическое, динамическое, механическое, подобие тепловых процессов; электродинамическое [1].

Физическое моделирование состоит из двух этапов:

1. Теоретическое воспроизведение на модели изучаемого технического устройства, подобного натурному образцу;
2. Изготовление модели и выполнение на ней требуемых наблюдений и измерений.

Основной задачей первого этапа является правильный подбор расчет критериев подобия для проектирования лабораторной установки.

В источнике [2] автор описывает критерии подобия электродинамики, в частности – для дугового разряда. Проанализировав все возможные критерии, было решено использовать несколько из них:

1. Для напряженности электрического поля из закона Ома в простейшем случае  $j = \sigma_j E$  получается критерий:

$$Om = \sigma_j E d^2 / I, \quad (1)$$

где  $\sigma_j$  – проводимость плазмы,  $d$  – характерный линейный размер, при анализе плазмотрона – диаметр цилиндрической электроразрядной камеры,  $I$  – ток дуги.

2. Из уравнения энергии получается критерий:

$$K_j = \frac{I^2}{\sigma_j \rho U \Delta i d^3}, \quad (2)$$

Данный критерий показывает соотношение между джоулевой энергией, которую несет поток.

3. Еще один критерий – число Кнудсена:

$$Kn = \langle l_e \rangle / d, \quad (3)$$

где  $\langle l_e \rangle$  – длина свободного пробега электронов.

Для реального объекта получились следующие значения критериев подобия (таблица). Значения получены с учетом исследований, представленных в [3].

Значения критериев подобия для реального объекта

Критерий	Om	$K_3$	Kn
Значение	0,029	$2,279 \cdot 10^{-5}$	0,41

Таким образом, на основе рассчитанных критериев подобия спроектирован стенд, результаты исследований на котором можно рассматривать и для реальной установки.

В ходе исследований на стенде планируется оценить влияние внешнего магнитного поля на положение дуги. Для этого можно использовать источники магнитного поля, например, ферромагнитные элементы. Также стенд позволит исследовать изменение технологического процесса плавки металла на положение дуги, а также других факторов. Использование результатов исследования позволит существенно снизить удельный расход электроэнергии при плавке титана в вакуумной дуговой гарнисажной печи.

#### Список использованных источников

1. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики) : учеб. пособие для вузов, изд. 2-е, доп. и перераб. / В. А. Веников. М. : Высшая школа, 1976. 479 с.
2. Анализ подобия и физические модели / С. С.Кутателадзе. Новосибирск : Наука, 1969. 287 с.
3. Михадаров Д. Г. Исследование особенностей характеристик электротехнологических дуг в дуговых печах : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.10 / Михадаров Денис Георгиевич [Место защиты: Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова]. Чебоксары, 2015. 122 с.